

夜空の明るさ測定における Sky Quality Meter および Dark Sky Meter の有効検証

小野間史樹、柴山万優子（星空公団）、大川拓也（JAXA/ISAS）、
佐藤幹哉（かわさき宙と緑の科学館）、原田泰典（国際航業株式会社）、
小野智子、福島英雄（国立天文台）、香西洋樹（さじアストロパーク佐治天文台）

1. 調査の背景

Sky Quality Meter は、単素子のフォトダイオードと色補正フィルタを使用し、測定値を単位立体角あたりの等級で表示する簡易測定装置である。Sky Quality Meter には、レンズなしのモデル (SQM) およびレンズ付きのモデル (SQM-L) があり、視野の半値幅はそれぞれカタログ値で 80° と 20° である。ボタンを押すだけで測定できて手軽である一方、周囲の光源に影響される可能性が示唆されている。また、2015 年には国際光年 (IYL2015) のキャンペーンの一環として夜空の明るさを測定する iPhone アプリ Dark Sky Meter IYL15 が無償配布された。これは、カメラのダークフレームと実際の夜空を測定し理想の空と比較して何倍明るいのかの結果が表示されるもので、手軽に測定できる一方、測定結果の妥当性について評価はされていない。そのため、我々は近年、調査事例が増えている SQM-L および Dark Sky Meter の評価を行い、夜空の明るさ測定における有効性を検証した。

2. 評価方法

2.1 分光特性

SQM-L には、単素子のフォトダイオード (ams AG TSL237) と色補正フィルタ (HOYA CM-500) が使用されている。本検討では、フォトダイオードの分光感度およびフィルタの透過特性のカタログ値を用いて SQM-L としての分光感度特性を求め Johnson UBV システムの V バンドフィルタ

との比較を行った。

2.2 視野角

(1) SQM-L

SQM-L の視野角を求めするため、白色 LED を用いた点光源に対して SQM-L の角度を 5° 刻みで -90° から 90° まで変化させ、出力値を測定した。測定は SQM-L のセンサ部に対し直交する 2 軸で行い、両者の差についても比較を行った。

(2) Dark Sky Meter IYL15

Dark Sky Meter IYL15 の視野角を求めため白色 LED を用いた点光源に対して iPhone の角度を 5° 刻みで -90° から 90° まで水平に変化させ出力値の変化を測定した。

測定値については中心 (0°) の測定値を基準とし、その差を求めた。

3. 評価結果

3.1 分光特性

図 1 に SQM-L と Johnson V フィルタの分光感度特性を示す。

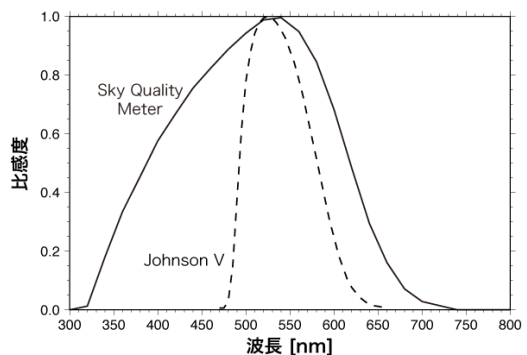


図 1 SQM-L と Johnson V フィルタの分光感度特性

図1から SQM-L は Johnson V フィルタに比べ、かなり広い波長特性を持つことが確認された。このため、従来の調査で用いられている V バンドを用いた測定結果と単純に比較することは難しいことがわかった。また、照明として用いられている光源は、波長特性が平坦ではなく、光源の種類によって測定値がばらつく可能性があることがわかる。

3.2 視野角

図2に、SQM-L の感度の視野角依存性の測定結果を示す。

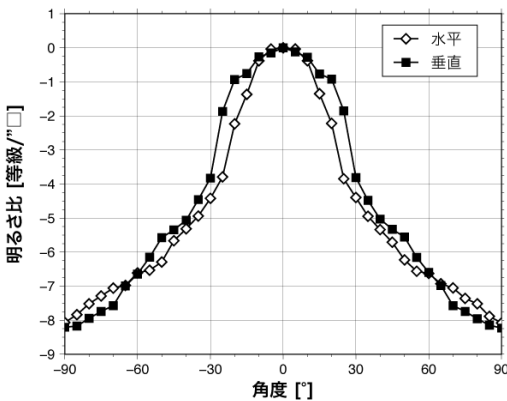


図2 SQM-L の感度の視野角依存性

図3に、Dark Sky Meter の角度依存性の測定結果を示す。

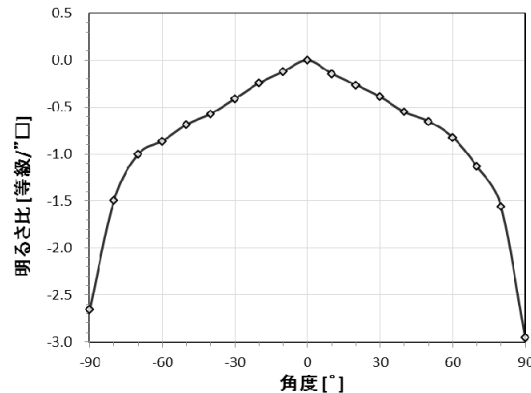


図3 Dark Sky Meter の感度の視野角依存性

図2から、水平方向と垂直方向で感度に若干の差が見られる。SQM-L のセンサ周辺はいずれの方向も対称な構造であることから、この差はハウジングの散乱による影響であると考えられる。

一般的な照明は、夜空と比較して 100 倍以上の明るさを持つことが多い。このため、照明の影響を避けるためには感度が中心と比較して 1000 分の 1 以下となる必要がある。感度が 1000 分の 1、すなわち 7.5 等級/°² 以下となるのは、SQM-L は 80° 以上、Dark Sky Meter は視野範囲 90° 以上であることから、いずれも周囲から光の影響を受けることが明らかになった。

4. まとめ

SQM-L および Dark Sky Meter の評価を行い、夜空の明るさ測定における有効性を検証した。その結果、SQM-L は広い波長に感度を持っており、これまでの CCD やデジタル一眼カメラを用いた調査結果との直接比較することが困難であることがわかった。また、視野角測定結果から、どちらも視野が広く、特に市街地での測定は困難であることがわかった。さらに、天候条件などを確認できないことから、単独での自動測定は困難である。

これらの結果から、SQM-L および Dark Sky Meter は、市街地における光害調査を目的とした測定には推奨できない。やむを得ず使用する場合には、周囲の街灯に十分注意するとともに、カメラ等を用いて天候や周囲の状況が確認できるような記録方法を併用する必要がある。

柴山 万優子